



Examensarbeten

2014:10

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

Beräkning av areal och stående timmer- volym i skyddszoner skapade från DTW-index

*Estimating areas and timber volume in riparian zones created with
DTW-index*

Erik Risby



Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2014:10

Beräkning av areal och stående timmer- volym i skyddszoner skapade från DTW-index

*Estimating areas and timber volume in riparian zones created with
DTW-index*

Erik Risby

Nyckelord / Keywords:

DEM, skogsstruktur, kantzon, Lidardata, vattendrag, skogsbruk /
DEM, forest structure, riparian zone, Lidar, forest operations

ISSN 1654-1898

Umeå 2014

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest Management*

EX0770, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Hjalmar Laudon

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Bitr handledare / *Assistant supervisor*: Anneli Ågren

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Bitr handledare / *Assistant supervisor*: Jonas Bohlin

SLU, Inst för skoglig resurshushållning / *SLU, Dept of Forest Resource Management*

Examinator / *Examiner*: Mats Öqvist

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handletts och granskats av handledaren, och godkänts av examiner. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Abstract

In Sweden forestry operations are carried out on a large portion of the forest land. Forest operations are likely to affect the environment in surface water negatively. Local discharge areas close to surface water are of extra importance for surface water chemistry. Disturbances in discharge areas such as rutting and soil scarification can affect surface water environment in the nearby streams negatively. Riparian zones along waterways are important to counteract the negative effects of forestry operations. Despite the important functions of riparian zones, the Swedish Forestry Agency has shown that insufficient consideration to riparian zones is taken when forestry operations are carried out.

The fact that Sweden got a new high resolution national elevation model has made it possible to calculate DTW (cartographic depth-to-water) at the same resolution as the original elevation model. Based on DTW dynamic riparian zones that are hydrologically and topographically induced can be created along streams and surface water.

In this study the impact of introducing riparian zones created from DTW index are investigated. A fixed buffer zone, 15 meters on both sides of all permanent streams served as a reference. Consequences of different designs of the riparian protection zones were examined at catchment level in the Krycklan catchment in northern Sweden.

Depending on the definition of the riparian protection zone used, riparian areas covered from 63 to 198 hectares or 2-7 % of the study area's total areal. The average forest volume in riparian protection zones ranged from 214 m³sk/ha to 294 m³sk/ha. This meant that all riparian protection zones had a higher average volume than the surrounding forest land (155 m³sk/ha). The total volume in riparian management ranged from 13700 m³sk to 32300 m³sk. The hardwood share in riparian zones created from DTW index was higher (31% - 35%) than for the fixed buffer zone (29%) although the difference was small. The average volume of hardwood in riparian zones ranged from 51 m³sk/ha to 76 m³sk/ha. The total hardwood volume in riparian zones ranged from 4800 m³sk to 10100 m³sk. The average volume of softwood in riparian zones ranged from 112 m³sk/ha to 141 m³sk/ha. The total volume of softwood in riparian management ranged from 8900 m³sk to 22200 m³sk.

This study shows that the design of riparian protection zones greatly influence the areas and volumes affected by riparian restrictions. When policy decisions are made resulting in enhanced restrictions, it is important to be aware of how the restrictions affect the forestry. With dynamic riparian zones created with DTW index, discharge areas are protected while logging are allowed closer to streams where the soil conditions are better. By this the hydrologic function of the riparian zone can be maintained while the restricted area is minimized.

Sammanfattning

I Sverige bedrivs skogsbruk på en stor del av skogsmarken vilket riskerar att påverka miljön i vattendragen negativt. Lokala utströmningsområden i anslutning till vattendrag har extra stor betydelse för ytvattnets kemi. Störningar i utströmningsområden, såsom körskador och markberedning, kan därför påverka ytvattenmiljön i närliggande vattendrag negativt. Skyddszoner mot vattendrag är viktiga för motverka negativa effekter av skogsbruksåtgärder i anslutning till vattendrag. Trots skyddszonernas viktiga funktion har skogsstyrelsen visat på bristfällig kantzonshänsyn i Svenskt skogsbruk.

I och med att Sverige fått en ny högupplöst nationell höjdmodell finns nu möjlighet att beräkna DTW-index (cartographic depth-to-water) med samma upplösning som den ursprungliga höjdmodellen. Utifrån DTW-index kan dynamiska skyddszoner som är hydrologiskt och topografiskt betingade skapas mot vattendrag.

I denna studie har de skogliga konsekvenserna av införandet av skyddszoner mot vattendrag skapade utifrån DTW-index undersökts. Som referens användes även en fast 15 meters buffertzona på båda sidor om alla permanenta vattendrag. Konsekvenserna för de fyra skyddszonerna undersöktes på avrinningsområdes nivå för Krycklans avrinningsområde i norra Sverige.

Beroende på vilken skyddszon som används så omfattas 63 - 198 hektar eller 2 - 7 % av studieområdets totala areal av skyddszon. Medelvolymer i skyddszonerna varierade mellan 214 m³sk/ha och 294 m³sk/ha. Det innebär att alla skyddszoner hade en högre medelvolymer än den omgivande skogsmarken (155 m³sk/ha). Den totala volymen i skyddszoner sträckte sig från 13700 m³sk till 32300 m³sk. Lövskogsandelen för skyddszonerna skapade från DTW-index var högre (31 % -35 %) än för den fasta buffertzonen (29 %) även om skillnaden var liten. Medelvolymer i lövskog i skyddszonerna sträckte sig från 51 m³sk/ha till 76 m³sk/ha och den totala volymen från 4800 m³sk till 10100 m³sk. Barrskogsmedelvolymer i skyddszonerna varierade mellan 112 m³sk/ha och 141 m³sk/ha och den totala barrskogsvolymer mellan 8900 m³sk och 22200 m³sk beroende på vilken skyddszon som användes.

Den här studien visar att utformandet av nya restriktioner för skogsbruk i närheten av vattendrag i hög grad påverkar arealerna och volymerna som kan komma att omfattas av restriktioner. När policybeslut skall tas som innebär ökade restriktioner vilket minskar möjligheten till att bruka den egna marken är det viktigt att vara medveten om hur restriktionerna påverkar skogsbruket. Med skyddszoner skapade m.h.a DTW-index kan förhoppningsvis utströmningsområden skyddas samtidigt som avverkning och terrängkörning tillåts närmare vattendrag där markförhållandena är goda. Det gör att skyddszonens hydrologiska funktion bör kunna upprätthållas samtidigt som arealen där skogsbruk och terrängkörning inte får förekomma minimeras.

Nyckelord: DEM, skogsstruktur, kantzon, Lidardata, vattendrag, skogsbruk

Innehållsförteckning

Abstract	1
Sammanfattning	2
Inledning	4
Syfte	7
Material och metod	8
Studieområde	8
Avstånd till grundvatten	9
Trädslagsblandning	12
Volymskattningar	14
Resultat.....	18
Diskussion.....	20
Slutsatser	22
Referenser	23

Inledning

Sveriges landyta är till 20 % täckt av sjöar, vattendrag och våtmarker. En stor del av dessa vattendrag återfinns i skogslandskapet. Skogsbruksåtgärder i anslutning till vattendrag kan ha stor inverkan på de akvatiska miljöerna (Henriksson, 2007). Eftersom det i Sverige bedrivs skogsbruk på en stor del av skogsmarken riskerar det att påverka miljön i våra vattendrag. Att skogsbruket tar hänsyn till den akvatiska miljön i sina åtgärder är därför av stor betydelse för att denna resurs skall kunna bevaras (Bleckert, et al., 2010).

Avverkning av träd minskar evapotranspirationen vilket ökar avrinningen och höjer grundvattennivån (Kuglerova, 2010). Detta riskerar att öka koncentration av löst organiskt kol (DOC) i närliggande vattendrag och våtmarker. Höga halter av DOC kan ha en försurande effekt och har potentialen att helt förändra det akvatiska ekosystemet (Laudon, et al., 2009). Avverkning kan även leda till utlakning av andra näringsämnen och tungmetaller till närliggande vattendrag (Bishop, et al., 2009). Avverkningsfria kantzoner mot vattendrag har en viktig roll i att motverka dessa negativa effekter. En avverkningsfri skyddszon mot vattendrag stabiliserar strandkanterna och motverkar erosion och näringsläckage (Bleckert, et al., 2010). Utöver att fungera som filter mellan den omgivande marken och den akvatiska miljön så har övergångszonen mellan mark och ytvatten även andra funktioner. Den skogsbeklädda kantzonen reglerar ljus och temperaturförhållanden i vattendraget genom beskuggning. Finns ingen vegetation som ger beskuggning leder detta till att primärproduktionen ökar, vilket kan ändra artsammansättningen i vattendraget. Den beskuggande vegetationen bidrar även till att sänka vattentemperaturen både under sommaren (Barling & Moore, 1994) som under vintern samt minskar temperaturvariationerna under dygnet (Jonsson, 1998). En skogsbeklädd kantzon ökar substrattillgången i vattendrag (Zinko, 2005). Att kantzonen bidrar till substrattillgång är extra viktigt i små vattendrag vilka är beroende av tillskott av organsikt material från omgivande vegetation som inte producerats i vattnet (Naturvårdsverket, 2006).

Övergångszoner mellan skogslandskapet och den akvatiska miljön utgör viktiga habitat för såväl land som vattenlevande organismer (Miljömålsberedningen, 2012). Kantzonen kan även fungera som korridor i landskapet och underlätta spridning av arter mellan habitat (Barling & Moore, 1994). Kantzoner är dessutom en av de mest artrika och komplexa miljöerna i skogslandskapet. Drygt en fjärdedel av de rödlistade arterna i Sverige återfinns i den här typen av miljöer (Miljömålsberedningen, 2012).

Den del av nederbörden som inte avdunstar från vegetationen i skogslandskapet p.g.a. evapotranspiration infiltrerar markytan och transporteras mot lägre elevation som grundvatten. I landskapet sker inströmning på lokala höjder och vattnet rör sig sedan mot lokala utströmningsområden i svackor där grundvattnet tappas av till sjöar och vattendrag (Ring, et al., 2008). Kantzoner är de lägst belägna icke akvatiska delarna av landskapet. Det gör att kantzoner mottar grundvatten från det omgivande landskapet och därför ofta är permanenta utströmningsområden (Dawson & Ehleringer, 1991). Eftersom grundvattnet följer topografin så är inte utströmningen av grundvatten konstant längs ett vattendrag (Ring, et al., 2008). Studier

har visat att artrikedom och vegetationen i kantzonen i hög grad påverkas av inflödet av grundvatten från omgivande mark. Vid permanenta utströmningsområden där grundvatten kommer upp nära eller på markytan i strandzonen utvecklas en mycket frodig vegetation (Giesler, et al., 1998) med en högre artrikedom av kärlväxter än i övriga delar av kantzonen (Kuglerova, et al., 2013) (Jansson, et al., 2007) Den högre artrikedomen i utströmningsområdena inom kantzonen förklaras med högre pH och mer tillgängligt kväve (eg. lägre C/N kvot) (Kuglerova, et al., 2013) samt mindre torkstress under torra perioder (Jansson, et al., 2007).

Körskador nära vattendrag och sjöar riskerar att öka erosionen och partikeltransporten. Partikeltransport till vattendrag grumlar vattnet och slammar igen bottnarna nedströms vilket missgynnar de flesta vattenlevande organismer. Risken för spårbildning och efterföljande erosion ökar vid körning på fuktig mark i kantzonen (Magnusson, 2009), vilket ofta är utströmningsområden i kantzonen. Vid spårbildning i utströmningsområden i strandzonen kan eroderat material transporteras direkt ut till ytvattnet utan att fastna i kantzonens vegetation (Ring, et al., 2008). Utströmningsområden har dessutom stor betydelse för ytvattnets kemi (Laudon, et al., 2011). Störningar i utströmningsområden, såsom körskador och markberedning, kan därför påverka ytvattenmiljön i närliggande vattendrag negativt (Ring, et al., 2008). Därför bör ingen terrängkörning med maskiner förekomma i utströmningsområden i anslutning till vattendrag.

För att motverka störningar i utströmningsområden i anslutning till vattendrag finns det idag reglerat i skogsvårdslagen vilken hänsyn som skall tas vid terrängkörning i närheten av vattendrag. Enligt skogsstyrelsens föreskrifter skall man lämna skyddszon med träd eller buskar mot vattendrag i sådan utsträckning det behövs av hänsyn till bl.a. vattenkvalitet samt växt och djurliv (7 kap. 21 §). Enligt (7 kap. 22 §) skall man vid skogsplantering på nedlagd jordbruksmark lämna eller plantera en skyddszon med lövträd mot vattendrag och sjöar. Man skall även förhindra skador på mark och vatten (7 kap. 23 §) (Skogsstyrelsen, 2013).

Skogsstyrelsens uppföljning av vilken hänsyn som tas till föreskrifterna visar att dessa inte efterlevs i tillräcklig utsträckning (Skogsstyrelsen, 2011).

Skogsstyrelsen har på uppdrag av regeringen därför startat en dialog med andra myndigheter och intresseorganisationer som bl.a. syftar till att utreda hur skogsbrukets hänsyn till miljö och vatten kan utvecklas (Miljömålsberedningen, 2012). För att föra dialogen har en arbetsgrupp som behandlar detta skapats. Denna arbetsgrupp har kommit fram till att några generella riktlinjer alltid skall gälla vid skogsbruksåtgärder i anslutning till vattendrag. Dessa är:

- alla lövträd inom tio meter från sjöar och vattendrag ska lämnas vid slutavverkning och gallring
- körning inte får ske närmare än tio meter från vatten
- körskador inte får förekomma i utströmningsområden eller närmare än femton meter från vatten
- körskador får inte förekomma i slänter

Arbetsgruppen har inte kommit fram till att en kantzon med bestämd bredd alltid skall lämnas mot sjöar och vattendrag. Gruppen föreslår istället att man skall använda sig av funktionella kantzoner. Det innebär att kantzonens bredd avgörs av bl.a. vattenkvaliteten på intilliggande sjöar och vattendrag. I och med detta är det även fortsättningsvis upp till varje enskild markägare att bedöma hur kantzoner bör utformas (Miljömålsberedningen, 2012).

En expertgrupp tillsatt av miljömålsberedningen med uppgift att ta fram ett fördjupat underlag med avseende på hur miljöhänsynen i skogsbruket kan utvecklas gör dock inte samma bedömning som skogsstyrelsens arbetsgrupp. För att ta bort möjligheten för enskilda markägare att bedöma hur kantzoner bör utformas så föreslår expertgruppen att det är lämpligt att införa en fast skyddszon på 15 meter mot alla sjöar och vattendrag som är vattenförande året om. I denna skyddszon föreslås förbud mot att vidta skogsbruksåtgärder eller bedriva körning i terräng som på betydande sätt kan påverka vattenmiljön eller naturmiljön i anslutning till sjöar eller vattendrag (Miljömålsberedningen, 2012). I det senaste delbetänkandet är dock detta förslag till en fast skyddszon borttaget. I det senaste delbetänkandet föreslås istället att zoner med träd och buskar ska lämnas i sådan utsträckning som behövs med hänsyn till vattenkvaliteten. Delbetänkandet föreslår även att skyddszonernas utformning bör variera beroende på de naturliga variationerna i landskapet och mellan olika regioner och de nya föreskrifterna bör därför även innehålla kriterier för när och på vilket sätt skyddszoner skall lämnas. Delbetänkandet föreslår vidare att Skogsstyrelsen bör få i uppdrag att ta fram tydliga föreskrifter om hur skyddszoner mot vatten skall utformas och att uppdraget bör redovisas före utgången av 2014 (Miljömålsberedningen, 2013). I dagsläget är det därför inte fastställt hur de nya restriktionerna för skogsbruk vid vattendrag enligt skogsvårdslagstiftningen kommer att se ut.

För skogsbrukare som är certifierade enligt FSC (Forest Stewardship Council) finns även ytterligare regler vid skogsbruksåtgärder i anslutning till vattendrag än de som definieras i skogsvårdslagen. För att uppfylla den nu gällande FSC certifieringen skall skogsbrukare enligt kriterium 6.5.14, ha rutiner som medför att åtgärder längs vattendrag och öppna vattenytor främjar kontinuerligt beskogade, om möjligt skiktade, topografiskt, hydrologiskt och ekologiskt betingade övergångszoner (FSC, 2010). Enligt kriterium 6.5.15S, skall skogsbrukare även planera och bruka sitt markinnehav så att lövdominerade bestånd med goda förutsättningar för biologisk mångfald bibehålls och/eller skapas på bl.a. fuktig sedimentmark som gränsar till vattendrag och öppna vattenytor (FSC, 2010).

Klimat och sårbarhetsutredningen föreslog i sitt betänkande (SOU 2007:60) att Lantmäteriet bör få resurser att skapa en nationell höjddatabas med tätare och noggrannare höjddata än det som fanns tillgängligt vid tillfället för betänkandet (sårbarhetsutredningen, 2007). Lantmäteriet har därför på uppdrag av regeringen sedan 2009 jobbat med att framställa en ny nationell höjdmodell. Den nya höjdmodellen har framställts m.h.a. laserskanning från flygplan. Den färdiga slutprodukten är en rikstäckande höjdmodell med kordinatsatta höjdpunkter i ett regelbundet rutnät (grid) med 2 meters upplösning och ett medelfel i höjd bättre än 0,5 m (Lantmäteriet, 2013).

Tidigare forskning har visat på såväl högre artrikedom i utströmningsområden (Kuglerova, et al., 2013) (Giesler, et al., 1998) (Jansson, et al., 2007) som ökade problem med körskador (Magnusson, 2009). Detta tillsammans med att FSC-certifieringen kräver att skogsbrukare skall främja övergångszoner som bl.a. är hydrologiskt och topografiskt betingade (FSC, 2010), gör det önskvärt om kantzonernas utformning kan anpassas efter grundvattenförhållanden längs ett vattendrag. Den nya nationella höjdmodellen har gjort detta möjligt. Det finns nu, i och med den nya nationella höjdmodellen möjlighet att bestämma avstånd till grundvatten i ett landskap med samma upplösning (2 meter) som den ursprungliga gridden.

De ekologiska funktionerna såväl som de hydrologiska funktionerna av en fungerande skyddszon är allmänt vedertagna och finns beskrivna i en mängd vetenskapliga publikationer. Trots detta kan policybeslut som leder till utökat skydd i kantzoner vara kontroversiellt då detta leder till potentiella kostnader samt minskat inflytande över brukandet på den egna marken. Kostnaderna knutna till ökad kantzons hänsyn har ofta endast varit grovt uppskattade av de som föreslår ett utökat skydd i kantzoner (Ice, et al., 2006).

Syfte

Syftet med denna studie är att ge en ökad förståelse för hur införandet av olika policy/restriktioner i kantzonen mot vattendrag påverkar den totala skyddszonsarealen samt den stående virkesvolymen i skyddszonerna. Studien kan förhoppningsvis fungera som ett underlag när markägare skall planera för framtida hänsyn mot vattendrag i skogslandskapet. I studien kommer olika förslag till skyddszoner utvärderas. Totalt kommer fyra skyddszonsförslag utvärderas ur ett skogsbruksperspektiv. Tre av de föreslagna skyddszonerna är skapade m. h.a. den nya nationella höjdmodellen och är genom detta topografiskt och hydrologiskt betingade. Det fjärde skyddszonsförslaget är en fast skyddszon på 15 m på vardera sida om samtliga permanenta vattendrag i studieområdet. Detta skyddszonsförslag motsvarar den av miljömålsberedningen tillsatta expertgruppens tidigare förslag för hur en kantzon skall utformas. För samtliga skyddszoner kommer areal, trädslagsfördelningen och stående virkesvolym per trädslag att skattas. Följande frågeställningar kommer att undersökas:

- Vad blir den totala avsättningsarealen för respektive skyddszon
- Vilken stående virkesvolym per trädslag blir avsatt inom respektive skyddszon

Vad som definieras som ett vattendrag påverkar i stor utsträckning hur stora konsekvenser för brukandet en viss policy/restriktion får (Ice, et al., 2006). Denna studie omfattar endast permanenta vattendrag vilka är vattenförande året runt. Skogsstrukturen längs ett vattendrag har också potential att i hög grad påverka effekterna av en viss kantzonsrestriktion. Samma totala restriktionsareal kan genom olika utformning av skyddszonen leda till att virkesvolymen samt trädslagsfördelningen inom skyddszonen kan variera.

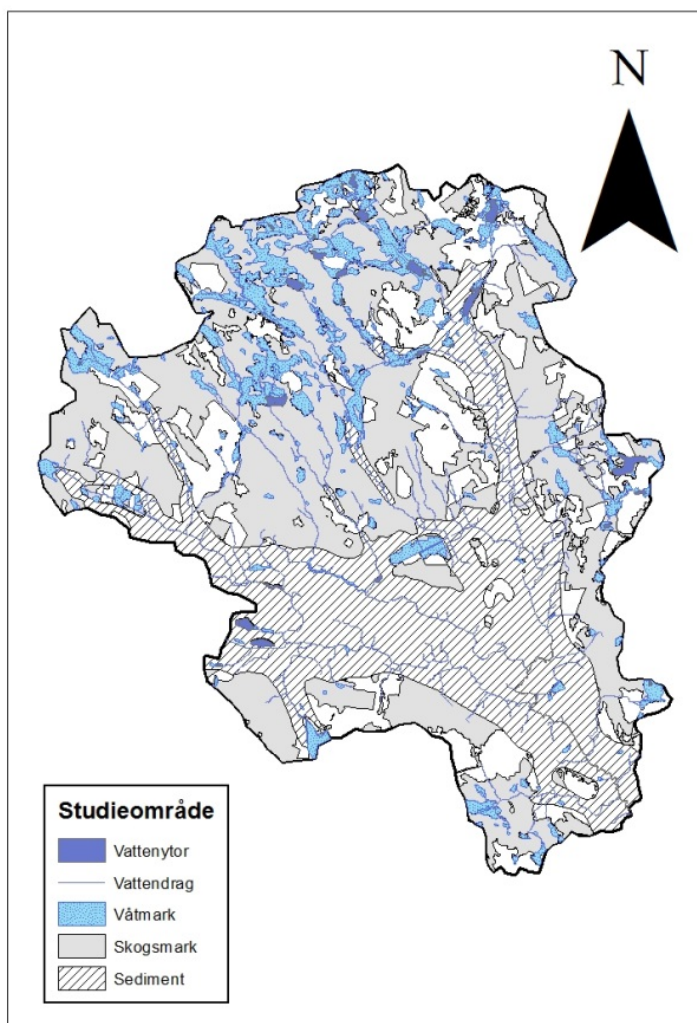
Material och metod

Studieområde

Studien är utförd i Krycklans avrinningsområde (64°14'N, 19°46'Ö) cirka 55 kilometer väst om Umeå i Västerbottens län. Avrinningsområdet sträcker sig från 126 till 369 m över havsnivå. I de högre delarna av avrinningsområdet, över högsta kustlinjen består jordarten av glaciala moränavlagringar upp till 10 meter djupa. Under den högsta kustlinjen består jordarten framförallt av grovkorniga isälvsavlagringar och finkorniga sediment av silt eller sand. Den vanligaste jordmånen i avrinningsområdet är välutvecklad järnpodsol.

Krycklans avrinningsområde är huvudsakligen beskogad med tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*). I hela området förekommer inslag av lövskog bl.a. gråal (*Alnus glutinosa*) och vårtbjörk (*Betula pendula*). Våtmarker täcker ca 8 % av det totala avrinningsområdet.

Eftersom det DTW-index (cartographic depth-to-water) som använts för att identifiera avverkningsfria skyddszoner mot vattendrag inte ger lika säkra resultat på sedimentmark som på moränmark har alla delar avrinningsområdet där jordarten består av sediment exkluderats från studien. Områden med sedimentära jordarter klipptes bort i m.h.a. av en jordartskarta över området. För möjliggöra de skogliga analyserna i skyddszonerna exkluderades ungskog, hyggen samt ytor med annat markslag än skogsmark. För att göra detta användes skogsbruksplanen över studieområdet. Totalt exkluderades sediment, ungskog, hyggen och övriga markslag från studieområdet. Slivers, d.v.s. små områden som blivit kvar efter att lagren klippts identifierades och togs bort manuellt. Efter att detta utförts bestod studieområdet av 2959 hektar skogsmark. I figur 1 visas lagren som använts för att ta fram det slutgiltiga studieområdet samt studieområdets utbredning.



Figur 1. Figuren visar avrinningsområdets geologi, vattendrag och markslag. Skogsmarken på kartan är det slutliga studieområdet och motsvarar 2595 ha.

Avstånd till grundvatten

Den nya nationella höjdmodellen i form av en digital elevations modell (DEM) har använts för att beräkna djup till vatten (cartographic depth-to-water =DTW) i varje cell i landskapet. DEM:en är skapad m.h.a. laserskanning från flygplan. Punkttätheten under laserskanningen var minst 1 laserträff/m². Den vertikala noggrannheten för DEM:en är generellt bättre än ±0,5 meter och den har en upplösning om 2 meter. Fill-verktyget i ArcGis användes för att skapa en DEM fri från artificiella sänkor. Den behandlade DEM:en användes för att bestämma flödesackumulering i varje cell med en D_8 flödesalgoritm (Murphy, et al., 2011). D_8 algoritmen är enkelriktad. Det innebär att den tilldelar allt flöde från en cell till en enda angränsande cell. Med D_8 algoritmen producerades ett vattennätverk i form av en grid. Ett tröskelvärde för avrinningsområdets storlek på 10 hektar användes för att definiera när ett ytvattenflöde skapas. Denna ytvattengrid användes sedan som input i modellen som beräknade DTW-index i varje cell. Valet av 10 hektar som

tröskelvärde för initiering av ytvattensavrinning är något godtycklig. Ett tröskelvärde motsvarande 10 hektar producerar ett bäcknätverk med en utbredning motsvarande Lantmäteriets hydrografiska kartmaterial över studieområdet vilket indikerar att det rör sig om permanenta vattendrag. Att minska tröskelvärdet resulterar i att ytvattennätverkets utsträckning ökar uppströms i avrinningsområdet. Detta gör i sin tur att utsträckningen av områden med lågt DTW-index ökar. Att öka tröskelvärdet ger en motsatt effekt. DTW modellen behöver två griddar som input, dels det ytvattennätverk som beskrivits ovan men också en grid med lutningsvärdet i varje cell hämtad från den obehandlade DEM:en.

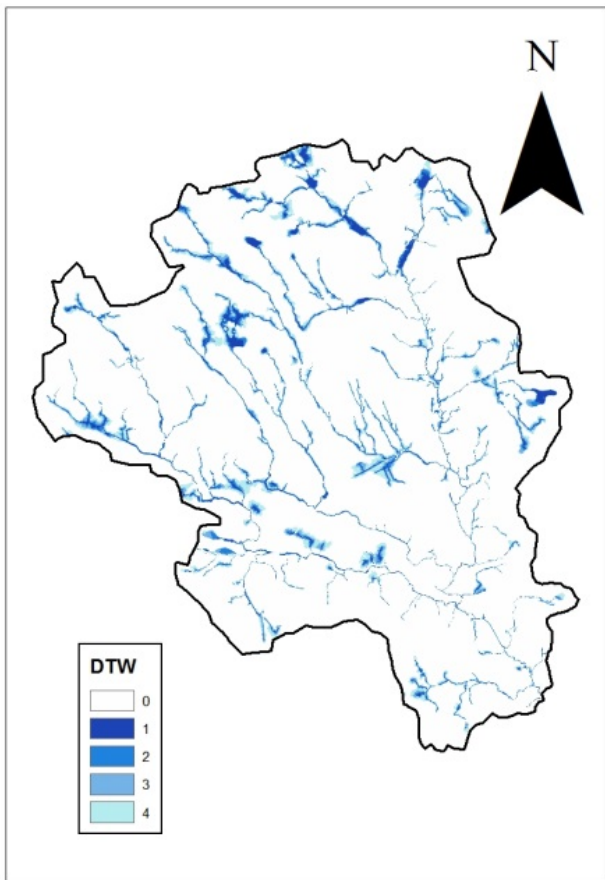
En iterativ funktion användes för att hitta det kumulativa lutningsvärdet associerat med kortaste slutningsvägen från en cell i landskapet till den närmsta cellen med ytvatten (DTW=0). Det betyder att funktionen undersöker varje möjlig länkning från en cell i landskapet till en cell med ytvatten över lutnings gridden och summerar alla lutningsvärdena längs den kortaste sträckan till ytvatten. Funktionen tar hänsyn till huruvida sträckan korsar en cell parallellt med cellgränsen eller diagonalt genom att multiplicera cellvärdet med 1 när cellen korsas parallellt eller $2^{0.5}$ när cellen korsas diagonalt. Därför kommer sträckan med minst totalt lutningsvärde identifieras både p.g.a. lutning och avstånd. Sträckningen med lägsta lutningsvärdet tenderar att följa den lägst liggande marken i omgivningen och är sällan en rak linje från en cell till det närmsta ytvattnet. Det gör att celler i landskapet kopplas till ytvatten via de lägsta punkterna i landskapet. På det sättet identifieras sträckningen med det minsta kumulativa lutningsvärdet de troliga hydrologiska kopplingarna mellan ytvatten och celler i det omkringliggande landskapet.

Det lägsta kumulativa lutningsvärdet är sedan multiplicerad med cellstorleken i gridden och värdet tilldelas cellen i landskapet. Det här görs för varje cell. Resultatet blir en DTW-grid beräknad enligt följande formel (Murphy, et al., 2009):

$$DTW(m) = \left[\sum \frac{dz_i}{dx_i} a \right] x_c$$

I formeln anger dz/dx lutningen i en cell, i representerar en viss cell längs flödesvägen, a är 1 när flödesvägen korsar parallellt med cellgränsen och $2^{0.5}$ när flödesvägen korsar cellgränsen diagonalt, med x_c som cellstorlek i m .

DTW-index tenderar att öka med avståndet till ytvatten vilket indikerar torrare jordar. DTW ökar snabbare i brant terräng och långsammare i flack terräng. DTW-index kan ses som ett relativt mått på hur vattenmättad jorden är. Celler med ett lågt värde kan förväntas ha vatten vid eller nära markytan en betydande del av året. Den resulterande gridden med avstånd till grundvatten för varje cell visas i figur 2.



Figur 2. Figuren visar den resulterande griden med ett beräknat DTW-index för varje pixel. DTW-indexet är sedan indelat i 5 klasser, klass 0 DTW > 1 m, klass 1 DTW ≤ 0,1 m, klass 2 DTW 0,1- 0,25 m, klass 3 DTW 0,25-0,5 m och klass 4 DTW 0,5- 1 m.

Pixlarna med sitt erhållna DTW-index användes sedan för att skapa polygoner som fungerar som skyddszoner mot vattendrag. Totalt skapades tre skyddszonsförslag utifrån pixlarnas DTW-index. Som referens skapades även ett skyddszonsförslag som innebar en fast kantzon om 15 meter på varje sida om alla permanenta vattendrag. Nedan visas de 4 skyddszoner som använts i studien:

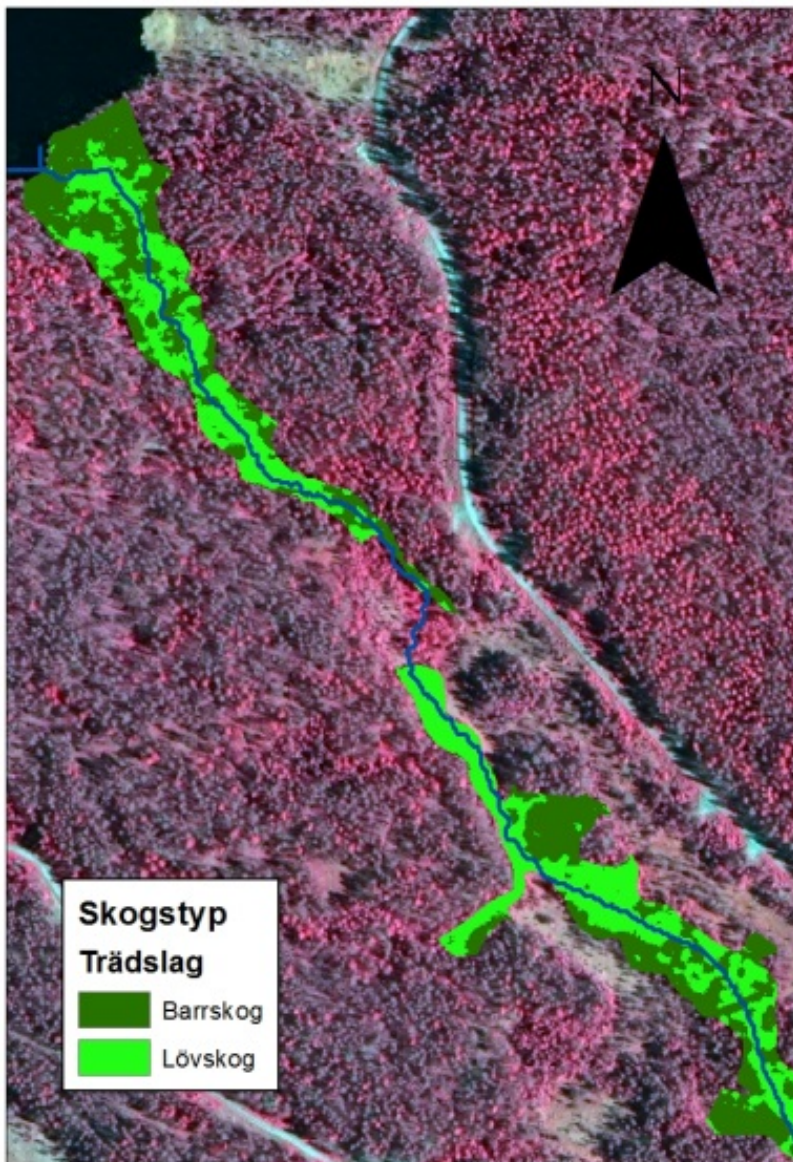
1. DTW ≥ 0,25 m, ingen avverkning får ske inom skyddszon där avståndet till grundvatten är mindre än 0,25 meter. (klass 1-2 fig 2)
2. DTW ≥ 0,5 m, ingen avverkning får ske inom skyddszon där avståndet till grundvatten är mindre än 0,5 meter. (klass 1-3 fig 2)
3. DTW ≥ 1 m, ingen avverkning får ske inom skyddszon där avståndet till grundvatten är mindre än 1 meter. (klass 1-4 fig 2)
4. 15 m fast bredd, ingen avverkning får ske närmare än 15 meter på varje sida om vattendrag.

Trädslagsblandning

För att skatta trädslagsblandning i skyddszonerna mot vattendrag gjordes en bildklassificering över studieområdet. I bildklassificeringen delades alla pixlar i bilden in i två grupper, lövskog och barrskog. För att utföra bildklassificeringen användes ett högupplöst ortofoto, 0,6m upplösning, med färginformation från 3-band, rött, grönt och när-infrarött (NIR).

Träningsdata för bildklassningen skapades genom tolkning av stereobilder. Vid stereobildstolkningen skapades 25 träningspolygon med enhetlig trädslagsblandning för två vegetationsklasser, barrskog och lövskog. Träningspolygonen användes att utföra en styrd klassning. I en styrd klassning används den spektrala informationen från träningspolygonerna för att klassificera övriga pixlar i bilden. Metoden som användes vid den styrda klassningen var nearest neighbour. Det innebär att klassificeringen baseras på vilken av träningspolygonerna varje specifik pixel i bilden är mest spektralt lik. Pixeln tilldelas sedan klasstillhörigheten från det spektralt mest lika träningspolygonet.

Eftersom varje pixel tilldelas en klasstillhörighet baserat på vilken av de 50 träningspolygonen som den spektrala informationen i pixeln är mest lik så innebär det att det resulterande rastret hade totalt 50 klasser, 25 för löv och 25 för barr. Det resulterande rastret omklassificerades till att enbart innehålla två klasser, lövskog och barrskog. Ett urklipp från resultatrastret med de två trädslagsklasserna visas i figur 3. Ett problem med denna bildklassning är att pixlar som inte återfinns i trädkronor trots detta klassats som barr eller lövskog. Detta problem löstes dock i studien genom att volymsuppskattningarna gjordes för enskilda kronsegment. Vid volymsuppskattningarna användes endast trädslagsinformationen från de pixlar som låg inom ett kronsegment. Genom detta exkluderades alla klassificerade pixlar som inte återfanns i krontaket.



Figur 3. Figuren visar lövskogsförekomst i ljusgrönt och barrträdsförekomst i mörkgrönt längs ett vattendrag i studieområdet.

För att utvärdera bildklassningen utfördes även en noggrannhetsbedömning. För noggrannhetsbedömningen användes totalt 155 slumpmässigt valda referenspunkter. Referenspunkternas trädslagstillhörighet fastställdes i en stereobild. Av dessa referenspunkter klassades i stereobilden, 62 referenspunkter som lövskog och 93 referenspunkter som barrskog. Referenspunkternas trädslagssklassning antas i noggrannhetsbedömningen vara det sanna värdet. Dessa referenspunkter med den sanna trädslagsblandningen användes för att jämföra huruvida det fanns skillnader mellan den automatiskt klassade bilden och referenspunkterna. Noggrannhetsbedömningen sammanfattas i tabell 1. Producers Accuracy för bildklassningen var

97 % för barrskog och 85 % för lövskog. Users Accuracy var 91 % respektive 95 % för de två klasserna. Den totala noggrannheten (Overall Accuracy) för den utförda bildklassningen var 90 %.

Tabell 1. Tabellen visar noggrannheten för bildklassificeringen för de två vegetationsklasserna lövskog och barrskog.

Kart data	Referens data				
	Klass	Barrskog	Lövskog	Total	Users Accuracy
	Barrskog	90	9	99	91%
	Lövskog	3	53	56	95%
	Total	93	62	155	
	Producers Accuracy	97%	85%		
	Overall Accuracy (90+53)/155 = 90%				

Volymuskattningar

För att göra korrekta skogliga volymsuppskattningar för de fyra skyddszonerna mot vattendrag behövdes ett högupplöst data för trädvolym. Därför gjordes volymsuppskattningar för alla enskilda träd inom de föreslagna skyddszonerna.

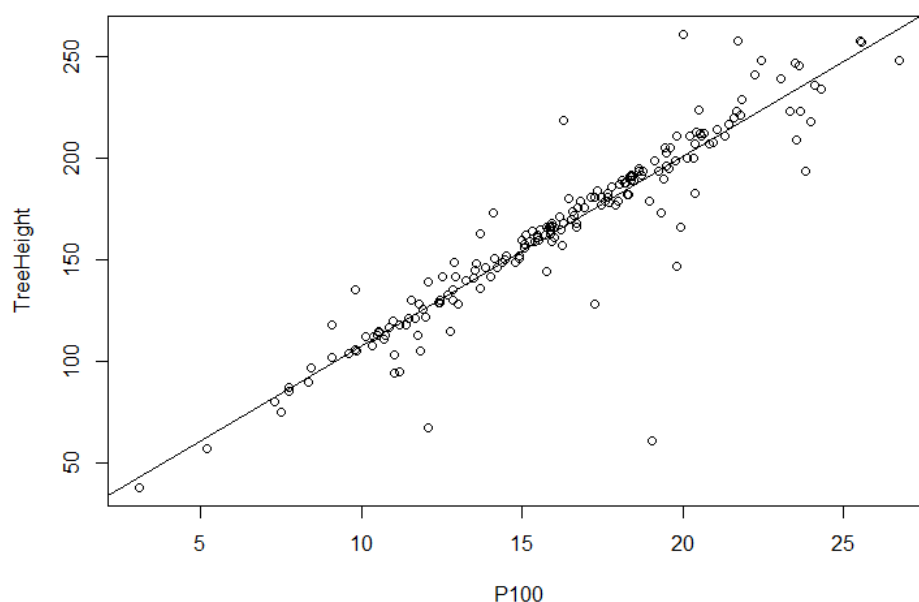
Det högupplösta Lidardata som användes för att göra skogliga analyserna samlades in genom laserskanning från helikopter under 2008. Den genomsnittliga punkttätheten vid laserskanningen var 1 laserträff per 0,15 m².

För att identifiera enskilda träd från Lidardata användes en algoritm framtagen av Holmgren och Lindberg (2013). Algoritmen för segmenteringen av trädskronor använder en korrelationsyta skapad genom att anpassa en geometrisk trädskronmodell till Lidardatat. För att finna trädskronornas positioner använder algoritmen ett raster skapat genom att beräkna korrelationen mellan en trädskronmodell och Lidardatat för att finna den bästa anpassningen av modellen för varje rastercellsposition. Vid Holmgren och Lindbergs (2013) utvärdering av algoritmen mot 25 provtytor visade det sig att 69 % av träden inom provytorna upptäcktes och tilldelades ett kronsegment. Eftersom algoritmen lättare identifierar stora träd skapades segment för 95 % av den totala volymen av levande träd inom provytan (Holmgren & Lindberg, 2013). Utvärderingen av algoritmen är gjord i produktionsbestånd. Eftersom kantzoner mot vattendrag oftast är mer skiktade än produktionsbestånd finns risken att algoritmen missar att identifiera en större andel av volymen än vid Holmgren och Lindbergs (2013) utvärdering. Detta har dock mindre betydelse i denna studie då det främst är relationen mellan skyddszonerna och inte den verkliga volymen som undersöks.

Till varje kronsegment kopplades ett antal attribut bl.a. en x, y koordinat, höjdpercentilerna från Lidardatat samt kronradien för segmentet. Dessa attribut användes senare för att göra volymsuppskattningar för varje enskilt träd.

För att uppskatta volymen för varje kronsegment användes 186 koordinatsatta fältträd. Fälträdens höjd och diameter var mätt i fält och volymen för dessa träd var beräknade utifrån de fältmäta värdena på höjd och diameter. De koordinatsatta fältträden kopplades till de kronsegment som skapats för fältträden baserat på det spatiala förhållandet mellan kronsegment och fältträdens koordinater. Genom att koppla de inmäta fältträden till kronsegmenten erhöll kronsegmenten attributen från fältträden. Attributen från fältträden användes för att skapa en regressionsfunktion för att skatta volymen för alla kronsegment.

Först testades vilken höjdpercentil för kronsegmentet som bäst förklarade den verkliga trädhöjden. Höjdpercentil P100 gav bäst förklaringsgrad ($R^2=0,86$) av den verkliga trädhöjden och användes därför i nästa steg som en förklarande variabel för trädvolymen. I figur 4 ses ett diagram av höjdpercentil 100 mot den verkliga trädhöjden för de 186 fältträden.

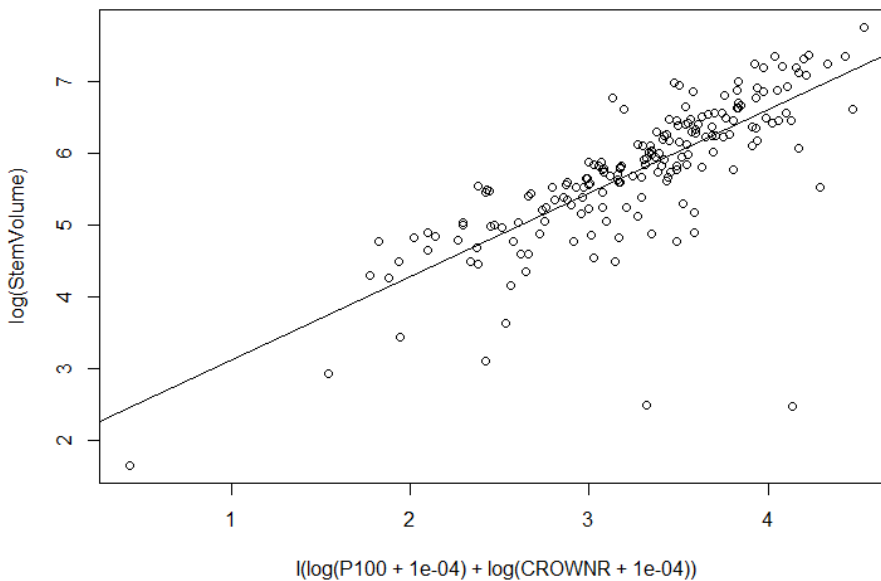


Figur 4. Figuren visar trädhöjden för fältträden mot höjdpercentil 100 för fältträdens kronsegment.

För den slutgiltiga volymsfunktionen användes logaritmerad höjdpercentil 100 och logaritmerad kronradie för kronsegmenten för att beskriva den logaritmerade volymen på fältträden. Volymsfunktionen som anpassades såg ut som följande:

$$\log(\text{stammvolym} + 0,0001) = \log(\text{höjdpercentil } 100 + 0,0001) + \log(\text{kronradie} + 0,0001)$$

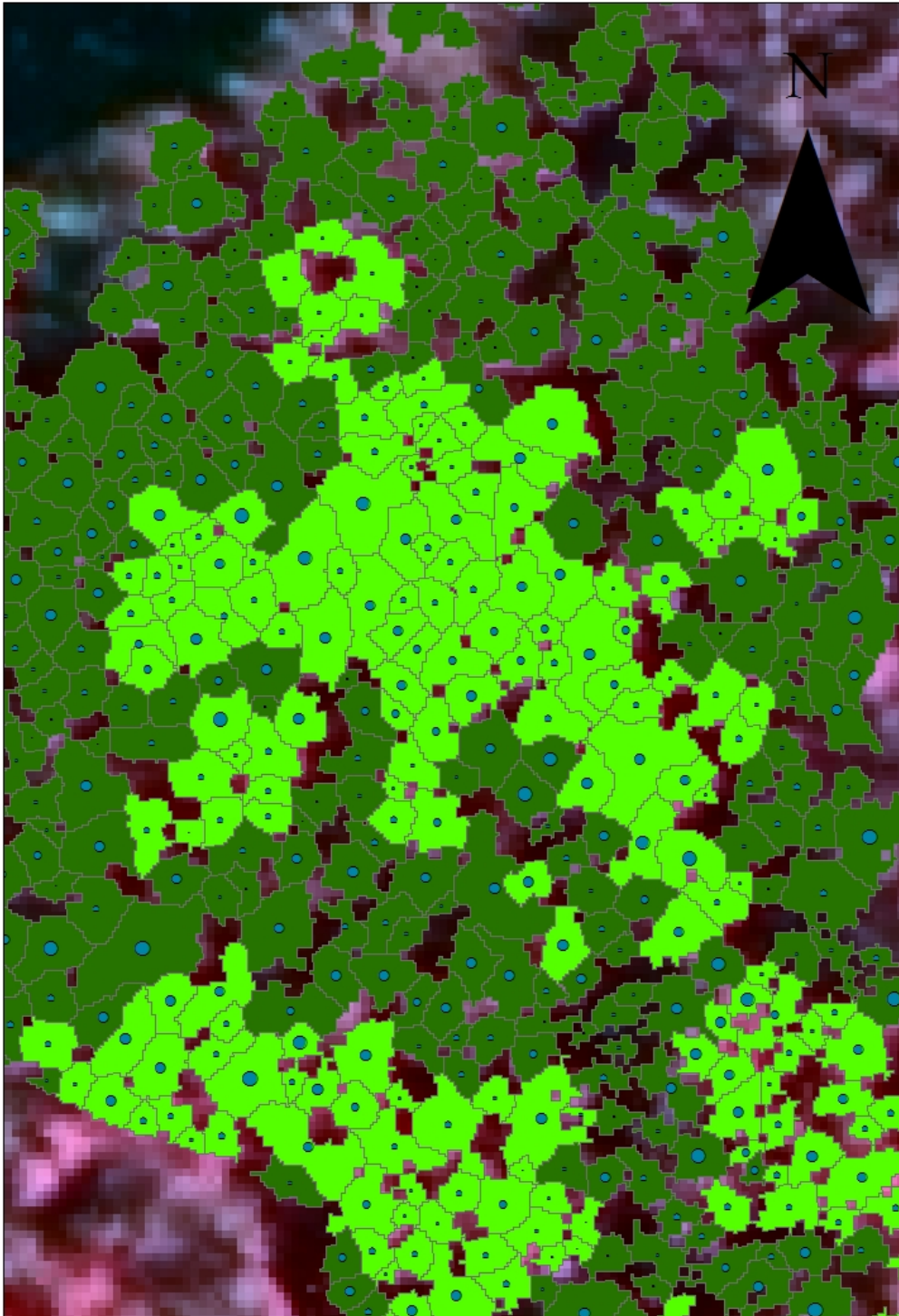
Dessa förklarande variabler gav volymsfunktionen med bäst förklaringsgrad ($R^2 = 0,68$). Figur 5 visar en plot av de förklarande variablerna (logaritmerad höjdpercentil 100 + logaritmerad kronradie) mot den logaritmerade volymen för fältträden.



Figur 5. Figuren visar logaritmerad volym för fälträd mot logaritmerad volymen för fälträdens kronsegment.

Denna regressionsfunktion för att skatta den logaritmerad volym för fälträden applicerades sedan på alla resterande kronsegment för att skatta den logaritmerade volymen för dessa. Efter att trädvolymen avlogaritmerats erhöles en skattad trädvolym för alla kronsegment i skyddszonerna.

Varje enskilt kronsegment tilldelades sedan en trädslagklass. För att göra det användes rastret som skapades vid bildklassningen samt kronsegmenten. Inom varje kronsegment beräknades vilken av de två trädslagklasserna som majoriteten av pixlarna i vegetationsrastret tillhörde. Kronsegmentet tilldelades sedan den trädslagklass som majoriteten av pixlarna inom segmentet hade. I figur 6 visas ett exempel på de färdiga kronsegmenten med uppskattad volym och en trädslagstillhörighet.



Figur 6. Figuren visar kronsegment med trädslagstillhörighet och skattad volym. Lövträd visas i ljusgrönt och barrträd i mörkgrönt. Storleken på den blå cirkeln symboliserar den skattade volymen för kronsegmenten.

De resulterande kronsegmenten användes för att göra skogliga beräkningar i de fyra skyddszonerna mot vattendragen i studieområdet. Inom varje skyddszon summerades total stående volym, medelvolym, total barrskogsvolym, total lövskogsvolym samt barr och lövskogsandel. För att jämföra skogliga data i de bäcknära skyddszonerna med omgivande skogsmark användes ett raster med skogliga data i 10 meters pixlar över studieområdet. Detta raster var skapat från Lidardata med en areabaserad metod. Från rastret med skogliga data i 10 meters pixlar beräknades medelvolymen för övrig skogsmark i studieområdet.

Resultat

Resultaten för arealen skogsmark som finns i avverkningsfria skyddszoner sammanställs i tabell 2. Den totala skogsmarksarealen är 2595 hektar. Det skyddszonsförslag som ger den lägsta arealen mark som är klassificerad som avverkningsfri kantzon är $DTW \leq 0,25m$. Detta skyddszonsförslag ger en total kantzonsareal på 63 hektar. En kantzonsareal på 63 hektar motsvara ca 2 % av den totala skogsmarksarealen i detta studieområde. Ett skyddszonsförslag motsvarande $DTW \leq 0,5 m$ leder till att 111 hektar skogsmark klassas som avverkningsfri kantzon och det motsvarar ca 4 % av skogsmarksarealen. Den fasta buffertzonen på 15 meter, på båda sidor om alla vattendrag ger i denna studie den näst högsta avverkningsfria arealen. Med detta skyddszonsförslag blir 138 hektar av skogsmarken klassad som avverkningsfri kantzon, vilket motsvarar 5 % av total skogsmarksareal. När skyddszonen följer ett grundvattendjup på maximalt 1 m ($DTW \leq 1m$) leder det till att ingen avverkning får utföras på 198 hektar av skogsmarken. Andelen kantzon blir enligt denna restriktion 7 %. Det här är i denna studie den restriktion som ger störst andel skyddszonsareal.

Tabell 2. Tabellen visar total skyddad areal i hektar och andel skyddad areal i procent för respektive skyddszonsförslag.

	Skyddszon 15 meter	Skyddszon $DTW \leq 025m$	Skyddszon $DTW \leq 05m$	Skyddszon $DTW \leq 1m$
Areal skogsmark	2959	2959	2959	2959
Areal Skyddszon	138	63	111	198
Andel Skyddszon	5%	2%	4%	7%

Resultaten för stående virkesvolym i de fyra skyddszonerna sammanfattas i tabell 3. I studieområdet står en total volym skog på 458700 m³sk och medelvolymen i området är 155 m³sk/ha. I alla skyddszonsförslagen är medelvolymen betydligt högre än för studieområdet totalt. Medelvolymen i skyddszonerna sträcker sig från 214 m³sk/ha för en kantzon där $DTW \leq 1m$ till 294 m³sk/ha där $DTW \leq 0,25 m$. Volymen stående skog som påverkas av de föreslagna skyddszonerna och därigenom inte får avverkas varierar från 13700 m³sk till som mest 32300 m³sk och detta motsvarar en volymsandel på mellan 3 % och 7 %. Den fasta skyddszonen på 15 meter på båda sidor om alla vattendrag ger en stående medelvolym i kantzonen på 240 m³sk/ha.

Den totala volymen i den fasta 15 meters skyddszonen blir 25700 m³sk och volymsandelen enligt detta skyddszonsförslag motsvarar 6 % av den totala volymen i studieområdet. Används DTW \leq 0,25 m för att definiera en avverkningsfri skyddszon medför det en stående medelvolum i kantzonen på 294 m³sk/ha. Eftersom att kantzonsarealen i detta skyddszonsförslag är låg gör det att den totala volymen samt volymsandelen för detta skyddszonsförslag blir lägst av de jämförda skyddszonsförslagen i studien, trots att denna skyddszon har den högsta medelvolymin. Den totala volymen blir 13700 m³sk vilket motsvarar 3 % av den totala virkesvolymen. Definieras den avverkningsfria skyddszonen som DTW \leq 0,5 m blir den ingående medelvolymin 252 m³sk/ha och den totala virkesvolymen blir 21000 m³sk. Andelen virkesvolym i kantzonen motsvarar med detta skyddszonsförslag 5 % av den totala virkesvolymen. En skyddszon definierad som DTW \leq 1m medför såväl den högsta totala volymen såväl som den högsta volymsandelen som påverkas av avverkningsrestriktioner. Den totala volymen enligt detta förslag blir 32300 m³sk och volymsandelen motsvarar 7 % av områdets totalvolym. Denna restriktion medför dock den lägsta medelvolymin av alla skyddszoner i studien, 214 m³sk/ha. Medelvolymin i kantzoner för alla skyddszonsförslag (214-294 m³sk/ha) är betydligt högre än i den omgivande skogsmarken (155 m³sk/ha). Samtidigt ger skyddszonsförslagen med lägst DTW-index den högsta medelvolum av de jämförda skyddszonerna. Detta gör att skogen i landskapet med den högsta medelvolymin förmodligen hittas i områden med ytligt grundvatten nära ytvattenflöden. Det är dock viktigt att ha i åtanke att skoglig data för övrig skogsmark är framtagen med en annan metod än den skogliga data som användes i skyddszonerna vilket gör jämförelsen osäker.

Tabell 3. Tabellen visar total volym i m³sk och volymsandel i procent för all skogsmark samt för de fyra skyddszonsförslagen.

	Övrig skogsmark	Skyddszon 15 meter	Skyddszon DTW \leq 0,25m	Skyddszon DTW \leq 0,5m	Skyddszon DTW \leq 1m
Total volym (m³sk)	458700	25700	13700	21000	32300
Medelvolum (m³sk/ha)	155	240	294	252	214
Volymsandel %	100%	6%	3%	5%	7%

Tabell 4 visar volymerna för löv respektive barrträd samt procentandelar för dessa för de fyra skyddszonsförslagen. Barrskog är i huvudsak dominerande i studieområdet. Som tabell 4 visar så dominerar barrskog även inom samtliga skyddszonsförslag. De tre skyddszonsförslagen som är skapade utifrån DTW-index har i samtliga fall en högre lövskogsandel än den fasta buffertzonen även om barrskog fortfarande är klart dominerande. Skillnaderna är dock små och det skiljer endast ett fåtal procentandelar mellan skyddszonsförslagen. Högst andel lövskog i kantzonen återfinns i skyddszonsförslagen med minst avstånd till grundvatten, DTW \leq 0,25 m och DTW \leq 0,5 m. En fast 15 meters skyddszon medför att en total stående volym lövskog respektive barrskog omfattande 7500 m³sk respektive 18100 m³sk inte får avverkas. Medelvolymin

barrskog inom denna skyddszon är 131 m³sk och medelvolymer lövskog är 54 m³sk. Inom zonen så representerar barrskog 71 % av den stående volymen medan lövskog står för 29 % av volymen. Skyddszonen DTW ≤ 0,25m ger en total barrskogsvolym på 8900 m³sk och en total lövskogsvolym på 4800 m³sk. Procentfördelningen mellan barrskogsvolym och lövskogsvolym inom denna skyddszon blir 65 % barrskog och 35 % lövskog. Barrskogsmedelvolymer i skyddszonen var 141 m³sk/ha och lövskogsmedelvolymer är 76 m³sk/ha. Skyddszonen med DTW-index ≤ 0,5m resulterar i att 13900 m³sk barrskog och 7100 m³sk lövskog ingår i skyddszonen och inte får avverkas. Barrskogsmedelvolymer inom denna skyddszon var 125 m³sk/ha och lövskogsmedelvolymer var 63 m³sk/ha. Den procentuella volymsandelen barrskog i skyddszonen var 66 % medan lövskog motsvarade 34 % av den totala stående volymen i zonen. Den arealmässigt största skyddszonen med ett DTW-index ≤ 1m innehöll en total stående barrskogsvolym omfattande 22200 m³sk och en total lövskogsvolym omfattande 10100 m³sk. Barrskogsmedelvolymer var 112 m³sk/ha och lövskogsmedelvolymer 51 m³sk/ha. Procentuellt representerade barrskog 69 % av volymen inom skyddszonen medan lövskog representerade 31 %.

Tabell 4. Tabellen visar medelvolymer i m³sk/ha, total volym i m³sk och volymsandel i procent för barrskog och lövskog för alla skyddszonsförslag.

	Skyddszon 15 meter	Skyddszon DTW ≤ 025m	Skyddszon DTW ≤ 05m	Skyddszon DTW ≤ 1m
Medelvolymer barr (m³sk/ha)	131	141	125	112
Medelvolymer löv (m³sk/ha)	54	76	63	51
Total volym barr (m³sk/ha)	18100	8900	13900	22200
Total volym löv (m³sk)	7500	4800	7100	10100
Tot volym (m³sk)	25700	13700	21000	32300
Barrskog %	71%	65%	66%	69%
Lövskog %	29%	35%	34%	31%

Diskussion

Den här studien visar att det är möjligt att uppskatta konsekvenserna av restriktioner rörande hänsyn mot vattendrag. Att göra dylika uppskattningar av hur olika skyddszoner påverkar skogsägares areal och volymförluster är viktiga för att kunna utvärdera framtida skogliga policys och avgöra konsekvenserna av dessa. När policybeslut skall tas som innebär ökade restriktioner vilket minskar möjligheten till att bruka den egna marken är det viktigt att vara medveten om hur restriktionerna påverkar skogsbruket. Målet bör vara att på bästa sätt förvalta den akvatiska resursen samtidigt som inskränkningarna i markanvändningen minimeras.

Det finns idag angivet både Skogsvårdslagen samt i FSC-certifieringen att skyddszoner skall sparas mot vattendrag. Skogsstyrelsens uppföljning av kantzoner visar att dessa föreskrifter inte följs i tillräcklig utsträckning (Skogsstyrelsen, 2011). På uppdrag av regeringen har det därför

startats en dialog bl.a. rörande hur skogsbruket kan öka sin hänsyn till miljö och vatten (Miljömålsberedningen, 2012). Utökat skydd i kantzoner mot vattendrag riskerar att leda till inskränkningar i markanvändandet för skogsbrukare. Detta leder oftast till ökade kostnader (Ice, et al., 2006) vilket gör att konsekvenserna av dessa inskränkningar bör utvärderas så noggrant som möjligt. Genom den nya nationella höjdmodellen finns möjlighet att skapa skyddszoner mot vattendrag som är topografiskt och hydrologiskt betingade samtidigt som nya skogliga fjärranalysmetoder har gjort det möjligt att relativt enkelt utvärdera konsekvenserna av olika skyddszonsförslag. Det gör att det idag finns goda möjligheter att skapa funktionella kantzoner utifrån DTW-index på avrinningsområdesnivå samt utvärdera konsekvenserna av dessa. Genom att använda funktionella skyddszoner som är topografiskt och hydrologiskt betingade är det möjligt att ge ett bra skydd till vattendragen i skogslandskapet samtidigt som restriktionerna gällande markanvändningen minimeras.

Andra studier har visat att det i permanenta utströmningsområden där grundvatten kommer upp nära eller på markytan utvecklas en mycket frodig vegetation med en högre artrikedom av kärlväxter än i övriga delar av kantzonen (Kuglerova, et al., 2013) (Jansson, et al., 2007) (Giesler, et al., 1998). Anledningen till den frodiga vegetationen och den högre artrikedomen förklaras i dessa studier genom att utströmningsområden har ett högre pH och mer tillgängligt kväve samt att växterna på dessa platser utsätts för mindre torkstress under torra perioder (Kuglerova, et al., 2013) (Jansson, et al., 2007). På grund av dessa faktorer borde även trädvegetationen gynnas i permanenta utströmningsområden och då framförallt lövträd. I denna studie kan det ses att skogsmarken inom skyddszonerna längs vattendragen har en högre stående medelvolymer (214 m³sk/ha – 294 m³sk/ha) än den övriga skogsmarken (155 m³sk/ha) och den högsta medelvolymer hittas i den zon närmast ytvattnet med ytligast grundvatten, DTW ≤ 0,25 m. Att den högsta stående volymen återfinns närmast vattendragen bekräftas ytterligare av en studie utförd vid tre vattendrag i Västerbotten av Jonsson (1998). I den studien visade Jonsson (1998) att den högsta medelvolymer fanns i zonerna 0-5,0 m (250 m³/ha) och 5,1 – 10,0 m (290 m³/ha) från ytvattendrag. I den studien var även den grundytvågda medeldiametern störst närmast vattendragen. Den högsta medelvolymer lövskog återfinns i studieområdet närmast ytvattendragen i zonen där DTW ≤ 0,25 m. Lövskogsmedelvolymer i detta område är 76 m³sk/ha. Medelvolymer lövskog minskar sedan succesivt bort från vattendragen för att vid ett maximalt DTW-index på 1 m vara 51 m³sk/ha. Jonssons (1998) studie visade på ett liknande samband, att lövträdsvolymen är störst närmast vattendragen för att sedan avta upp till 30 meter från vattendragen. Denna samstämmighet tyder på att träden liksom övriga kärlväxter drar nytta av de bättre växtförutsättningarna i utströmningsområden. Det går dock inte att bortse ifrån att tidigare skogskötsel kan ha bidragit till den skogsstruktur som återfinns i denna bäcknära zon idag.

De skyddszonsförslag mot vattendrag som använts i denna studie resulterar i en kantzonsandel med skogsbruksrestriktioner på mellan 2 % och 7 %. Enligt FSC-certifieringen krävs att skogsbrukare skall undanta minst 5 % av den produktiva skogsmarksarealen från

skogsbruksåtgärder (FSC, 2010). Den ökade miljömedvetandet inom skogsbruket och införandet av FSC-certifieringen gör att de frivilliga avsättningarna i produktiv skogsmark har ökat snabbt och flera skogsföretag har idag mer frivilliga avsättningar än miniminivån enligt FSC-certifieringen (Skogsindustrierna, 2013). Det finns dock redan idag möjlighet för skogsbrukare att använda skyddszoner mot vattendrag som frivilliga avsättningar och därigenom uppnå kraven för frivilliga avsättningar enligt FSC-certifieringen samtidigt som kantzoner med höga naturvärden samt viktiga ekologiska och hydrologiska funktioner blir sparade. I FSC-certifieringen finns även ett lövskogsmål definierat. Enligt lövskogsmålet skall minst 5 % av arealen frisk och fuktig skogsmark utgöras av lövrika bestånd som domineras av lövträd under merparten av omloppstiden (FSC, 2010). Den här studien liksom Jonssons (1998) tidigare arbete visar att lövandelen är högst närmast vattendragen. Genom att spara lövrika skyddszoner mot vattendrag kan detta bidra till att öka den lövskogsdominerande arealen för skogsbrukare.

I föreskrifterna från FSC finns det krav på hur skyddszoner mot vattendrag skall sparas. Enligt FSC skall skogsbrukare ha rutiner som medför att åtgärder längs vattendrag och öppna vattenytor främjar kontinuerligt beskogade, om möjligt skiktade, topografiskt, hydrologiskt betingade övergångszoner (FSC, 2010). Idag uppfylls denna föreskrift oftast genom att skogsbrukare i fält planerar för skyddszonens utformning vid varje avverkningstrakt. Detta gör att skyddszonens utformning och funktion kan skilja beroende på bedömningen av fältpersonalen. Detta gör att det är svårt för skogsbrukare att ha en enhetlig policy för skydd mot vattendrag samt att det är svårt att följa upp vilken hänsyn som faktiskt tagits. Användandet av en enhetlig policy för skyddszoner över hela markinnehavet kan vara en lösning på detta problem. De dynamiska skyddszonerna som skapats utifrån DTW-index uppfyller i högre grad föreskrifterna från FSC än vad en fast skyddszon gör, eftersom dessa skyddszoner är topografiskt och hydrologiskt betingade. Utströmningsområden i kantzonen mot vattendrag har stor betydelse för ytvattnets kemi (Laudon, et al., 2011). Risken för spårbildning och påföljande erosion ökar dessutom vid körning i utströmningsområden (Magnusson, 2009). Det är därför viktigt att ingen terrängkörning eller skogsbruksåtgärder utförs i dessa utströmningsområden. Med dynamiska skyddszoner skapade m.h.a DTW-index skyddas utströmningsområden samtidigt som avverkning och terrängkörning tillåts närmare vattendrag där markförhållandena är goda. Det gör att skyddszonens hydrologiska och filtrerande funktion bör kunna upprätthållas samtidigt som arealen där skogsbruk och terrängkörning inte får förekomma minimeras. Detta bör göra denna typ av skyddszon kostnadseffektiv. Inget av skyddszonsförslagen skapade från DTW-index i denna studie har dock utvärderats med avseende deras hydrologiska och ekologiska funktion. Så huruvida den hydrologiska och ekologiska funktionen med denna typ av skyddszon verkligen upprätthålls får vidare forskning utröna.

Slutsatser

Innan det beslutas om lagförslag som innebär ökade restriktioner för skogsbruksåtgärder i närheten av ytvattendrag är det viktigt att konsekvenserna av restriktionerna noga undersöks. Denna studie visar att skyddszonens utformning i hög grad påverkar skyddszonens areal och de

stående volymer som återfinns i skyddszonen . När nya restriktioner utarbetas bör målet vara att skydda den akvatiska resursen samtidigt som restriktionerna för markanvändandet minimeras. Att kombinera en bra förvaltning av vattendrag i skogslandskapet och samtidigt bedriva ett lönsamt skogsbruk är en utmaning. En lösning på detta problem kan vara användandet av skyddszoner skapade från markens DTW-index. Dessa skyddszoner är hydrologiskt och topografiskt betingade. Det innebär att känsliga utströmningsområden förhoppningsvis skyddas och kantzons hydrologiska funktion kan upprätthålls samtidigt som arealen skyddszon kan minimeras.

Referenser

- Barling, R. & Moore, I., 1994. Role of buffer strips in management och waterway pollution: A review. *Environmental Management*, Volym 18, pp. 543-558.
- Bishop, K. o.a., 2009. The Effects of Forestry on Hg Bioaccumulation in Nemoral/Boreal Waters and Recomendations for Good Silvicultural Practice. *AMBIO*, 7(38), pp. 373-380.
- Bleckert, S., Degerman, E. & Henriksson, L., 2010. *Skogens vatten: Vattenhänsyn i skogsbruket*. Värnamo: Sveriges skogsägarföreningar.
- Dawson, T. E. & Ehleringer, J. R., 1991. Streamside trees that do not use stream water. *Nature*, Volym 350, pp. 335-337.
- FSC, 2010. *Svenska FSC*. [Online]
Available at: <http://se.fsc.org/svensk-skogsbruksstandard.265.htm>
[Använd 02 12 2013].
- Giesler, R., Högberg, M. & Högberg, P., 1998. SOIL CHEMISTRY AND PLANTS IN FENNOSCANDIAN BOREAL FOREST AS EXEMPLIFIED BY A LOCAL GRADIENT. *Ecology*, pp. 119-137.
- Henriksson, L., 2007. *Skogsbruk vid vatten*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Holmgren, J. & Lindberg, E., 2013. Tree crown segmentation based on a geometric tree crown model for prediction of forest variables. *Can. J. Remote Sensing*, Volym 39, pp. 1-13.
- Ice, G. G., Skaugset, A. & Simmons, A., 2006. ESTIMATING AREAS AND TIMBER VALUES OF RIPARIAN MANAGEMENT ON FOREST LANDS. *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION*, Volym 04192.

Jansson, R., Laudon, H., Johansson, E. & Augspurger, C., 2007. THE IMPORTANCE OF GROUNDWATER DISCHARGE FOR PLANT SPECIES NUMBER IN RIPARIAN ZONES. *Ecology*, Volym 88, pp. 131-139.

Jonsson, Ö., 1998. *Trädskikt och ståndortsförhållanden i strandskog - En studie av tre bäckar i Västerbotten*, Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet.

Kuglerova, L., 2010. *Effects of forest harvesting on the hydrology of boreal streams - The importance of vegetation for the water balance of a boreal forest*, Umeå: Sveriges Lantbruks Universitet.

Kuglerova, L. o.a., 2013. Groundwater discharge creates hotspots of riparian plant species richness in a boreal forest stream network. *Ecology*.

Lanmäteriet, 2013. *Lantmäteriet*. [Online]

Available at: <http://www.lantmateriet.se/Kartor-och-geografisk-information/Hojddata/Fakta-om-laserskanning/>

[Använd 18 September 2013].

Laudon, H. o.a., 2009. Response of dissolved organic carbon following forest harvesting in a boreal forest. *AMBIO*, Volym 38, pp. 381-386.

Laudon, H. o.a., 2011. Consequences of More Intensive Forestry for the Sustainable Management of Forest Soils and Waters. *Forests*, Volym 2, pp. 243-260.

Magnusson, T., 2009. *Skogsskötselserien nr 13, Skogsbruk, mark och vatten*. u.o.:Skogsstyrelsens förlag.

Miljömålsberedningen, 2012. *Rapport från expertgruppen om miljöhänsyn i skogsbruket*. u.o.:u.n.

Miljömålsberedningen (2013). *Långsiktigt hållbar markanvändning – del*. (SOU 2013:43). Stockholm: Miljödepartementet

Murphy, N. P., Ogilvie, J. & Arp, P., 2009. Topographic modelling of soil moisture conditions: *European Journal of Soil Science*, Volym 60, pp. 94-109.

Murphy, P. N. o.a., 2011. Modelling and mapping topographic variations in forest soils at high resolution: *Ecological Modelling*, Volym 222, pp. 2314-2332.

Naturvårdsverket, 2006. *Återställning av älvar som använts för flottning: En vägledning för restaurering*, Stockholm: Naturvårdsverket.

Ring, E., Sandin, L., Högbom, L. & Goedkoop, W., 2008. *Skogsbruk och vatten - En kunskapsöversikt*, Gävle: Gävle Offset AB.

Skogsindustrierna, 2013. *Reservat och frivilliga avsättningar - Effekterna på avverkningsmöjligheterna av arbetet med formellt skydd av skog*, u.o.: u.n.

Skogsstyrelsen, 2011. *Skogs- och miljöpolitiska mål - brister, orsaker och förslag på åtgärder*, Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.

Skogsstyrelsen, 2013. *Skogsvårdslagstiftningen - Gällande regler 1 september 2012*, Jönköping: Skogsstyrelsen.

Klimat- och sårbarhetsutredningen., 2007. *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*, (SOU 2007:60). Stockholm: Miljödepartementet.

Zinko, U., 2005. *Strandzoner längs skogsvattendrag*, Umeå: WWF.

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2013:9 Författare: Mattias Söderholm
Verktyg och metoder för kontroll av dubbskadedjup på timmerstockar -
metodutveckling
- 2013:10 Författare: Johan Karlsson
Modellering av diametern hos tall (*Pinus sylvestris*) som en effekt av beståndstäthet och
biomekanik
- 2013:11 Författare: Lisa Wik Persson
Nitrogen fixation among boreal feather mosses along a clear-cut chronosequence
- 2013:12 Författare: Jakob Nemer Barbiche
Självspridning av contortatall (*Pinus contorta*) på impedimentmark i Sverige
- 2013:13 Författare: Sebastian Backlund
The effects of mother trees and site conditions on the distribution of natural
regeneration establishment in a Bornean rainforest disturbed by logging and fire
- 2014:1 Författare: Matilda Olofsson
Utomhuspedagogik i skogen för barn. Skötsel och informationsförslag för Stadsliden,
en stadsskog i Umeå
- 2014:2 Författare: Li Videkull
Tree species traits response to different canopy cover for 34 tree species in an
enrichment planted tropical secondary rain forest in Sabah, Malaysia
- 2014:3 Författare: Helena Lindén
Förvaltning och skogsskötsel av ett tätortsnära naturreservat. – En fallstudie om
Lugnets naturreservat i Falun
- 2014:4 Författare: Matilda Johansson
Askåterföring på skogsmark – en metaanalys om påverkan på ytvattnets syra-baskemi
- 2014:5 Författare: Sven Gustafsson
Gynnar stora hyggen ortolansparven? Resultat från en inventering i Västerbotten 2013
- 2014:6 Författare: Björn Karlsson
Bergsbrukets början, samt dess och jordbrukets påverkan på vegetationen uti
Garpenbergs socken i sydöstra Dalarna
- 2014:7 Författare: Martin Karlsson
Jordbrukets och järnframställningens påverkan på skogsutvecklingen vid Eskilshult, en
by med medeltida anor. – En studie baserad på pollenanalys
- 2014:8 Författare: Ragna Lestander
En utvärdering av de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning
med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi
- 2014:9 Författare: Sara Svanlund
Carbon sequestration in the pastoral area of Chepareria, western Kenya – A comparison
between open-grazing, fenced pastures and maize cultivations

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se